

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:  
Jens STÄCKER

Application No.: New U.S. Application

Filed: April 2, 2004

Group Art Unit: Unassigned

For: METHOD AND APPARATUS FOR  
ORIENTING SEMICONDUCTOR WAFERS  
IN SEMICONDUCTOR FABRICATION

Examiner: Unassigned

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS**

MS Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

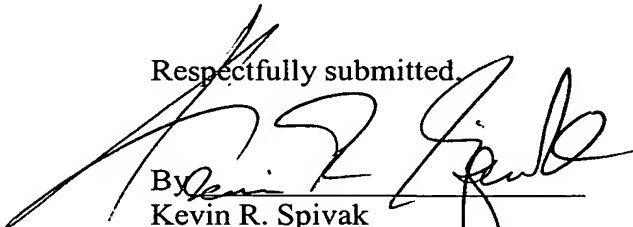
Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Germany	103 15 086.2	April 2, 2003

In support of this claim, certified copy of said original foreign application is filed herewith.

Dated: April 2, 2004

Respectfully submitted.

  
By Kevin R. Spivak  
Registration No.: 43,148  
MORRISON & FOERSTER LLP  
1650 Tysons Blvd, Suite 300  
McLean, Virginia 22102  
(703) 760-7762 – Telephone No.  
(703) 760-7777 – Facsimile No.



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 15 086.2

**Anmeldetag:** 02. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG, 81669 München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zum Ausrichten von Halbleiterwafern bei der Halbleiterherstellung

**IPC:** G 05 D, H 01 L, G 03 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. März 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Stanschus

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Ausrichten von Halbleiterwafern bei der Halbleiterherstellung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum präzisen Ausrichten eines Halbleiterwafers bei der Halbleiterherstellung. Dabei wird zunächst die Position einer auf dem Halbleiterwafer angeordneten Justiermarke mithilfe eines ersten optischen Messverfahrens bestimmt und anschließend mithilfe eines Linienprofils der Justiermarke korrigiert.

10

Moderne integrierte Schaltkreise (integrated circuits, IC) bestehen aus einer komplexen Anordnung von Bauelementen und elektronischen Strukturen, die in mehreren übereinander angeordneten Ebenen miteinander verschaltet sind. Die Herstellung solcher Schaltkreise stellt eine komplizierte Abfolge verschiedener Prozessschritte dar. Unter anderem sind bei der Herstellung bestimmter Schaltkreise mittlerweile über 25 verschiedene Strukturierungsschritte notwendig.

15

20

Als Reaktion auf die Forderung nach immer schnelleren und günstigeren integrierten Schaltungen ist die Halbleiterindustrie stets bestrebt immer kleinere Schaltungsdimensionen zu realisieren. Im Zuge dessen werden immer wieder komplexere Herstellungsprozesse entwickelt, die eine höher Integrationsdichte erlauben. Mit der Steigerung der Integrationsdichte und den damit verbundenen reduzierten Strukturgrößen steigen jedoch auch die Anforderungen an die Präzision der verwendeten Prozesse.

25

30

Einen der wichtigsten und am häufigsten durchgeführten Prozesse bei der Halbleiterherstellung stellt der fotolithografische Strukturierungsprozess dar, bei dem eine auf einer Belichtungsmaske angeordnete Struktur mittels einer Belichtungseinheit und anschließender selektiver Ätzung in eine zuvor auf die Waferoberfläche aufgebraachte Fotolackschicht ü-

35

bertragen wird. Hierbei kommt es besonders auf die genaue Überlagerung (Overlay) der übertragenen Struktur mit bereits auf der Waferoberfläche vorhandenen Strukturen an. So können sich bereits geringe Überlagerungsfehler (Mittellagenfehler) in verschiedenen Schritten erzeugter Strukturen als äußerst kritisch im Hinblick auf die Funktionsfähigkeit eines hochintegrierten Schaltkreises erweisen. Daher kommt dem Overlay im Hinblick auf Performance und Ausbeute eine der Schlüsselrollen beim modernen Halbleiterprozess zu.

Das Overlay spielt jedoch auch in Bezug auf die Integrationsdichte selber eine wichtige Rolle. In der Regel darf bei integrierten Schaltungen der sog. relative Mittellagenfehler zweier übereinander angeordneten Strukturen (wie z.B. Leiterbahn und Kontaktloch) nicht mehr als etwa ein Drittel der minimalen Struktur übersteigen, sofern die mit der minimalen Struktur mögliche Packungsdichte voll ausgenutzt werden soll.

Zur Reduktion des Mittellagenfehlers müssen die Halbleiterwafer möglichst genau innerhalb der entsprechenden Geräte ausgerichtet werden. Diesen Ausrichtungsvorgang nennt man Justierung oder Alignment. Der Justierungsvorgang in einem Belichtungsgerät einer Fotolithografieanlage zur genauen Überlagerung einer Maskenstruktur mit einer bereits auf dem Wafer vorhandenen Struktur setzt sich aus drei Einzellschritten zusammen: Zunächst müssen geeignete Justiermarken (Alignment-mark) auf der Waferoberfläche erkannt werden. Dies geschieht in der Regel mit Hilfe eines Lichtmikroskops (Alignmentmikroskop), wobei ein optischer Parameter eines von der Waferoberfläche reflektierten Licht mit dem Auge oder automatisch ausgewertet wird. Anschließend muss der Lagefehler der Justiermarken relativ zum Alignmentmikroskop oder relativ zur Maske ermittelt werden. Schließlich müssen zur Korrektur des relativen Lagefehlers Relativbewegungen zwischen Wafer und Alignmentmikroskop oder Maske ausgeführt werden.

Die Bestimmung der Justiermarkenposition findet mithilfe bekannter optischer Verfahren statt, die je nach Justiermarke einen Kontrast zwischen verschiedenen Bereichen der Justiermarke liefern können. Hierbei kommen insbesondere die Kanten-  
5 kontrast-, die Phasenkontrast-, die Beugungskontrast- oder die Fresnelzonenmethode in Frage. Keine dieser Methoden ist jedoch unproblematisch, weil der zur Positionsbestimmung verwendete Kontrast der Justiermarken von der Oberflächenbeschaffenheit des Messobjektes (z.B. Schichtdicken, Oberflächenrauigkeit und/oder Kantenprofil der Justiermarke) ab-  
10 hängt. Die Oberflächenbeschaffenheit der Justiermarken hängt jedoch in der Regel vom jeweils verwendeten Herstellungsprozess ab. Prozessbedingt weisen die Strukturen der Justiermarken daher häufig Profilschwankungen auf, die eine genaue Bestimmung der Justiermarkenposition und damit die genaue Justierung des Wafers mithilfe der hierzu bisher verwendeten Methoden nicht erlauben.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das eine präzisere Ausrichtung eines Halbleiterwafers bei der Halbleiterherstellung erlaubt. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens zur Verfügung zu stellen.

25 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 9 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

30 Das erfindungsgemäße Verfahren verwendet zum Ausrichten eines Halbleiterwafers ein verbessertes optisches Alignmentsystem, dass eine Kombination zweier optischer Messverfahren vorsieht. Dabei wird in einem ersten Schritt eine ersten Positionsinformation einer auf dem Halbleiterwafer angeordneten  
35 Justiermarke mithilfe eines für Positionsbestimmung optimierten optischen Messverfahrens ermittelt. In einem weiteren Schritt findet die Ermittlung eines Linienprofils der Jus-

tiermarke in einer vorgegebenen Richtung mithilfe eines für Profilbestimmung optimierten optischen Messverfahrens statt. Erfindungsgemäß wird das hierbei gewonnene Linienprofil der Justiermarke zur Korrektur der aus dem ersten Schritt erhaltenen ersten Positionsinformation verwendet. Die durch die Korrektur ermittelte zweite Positionsinformation der Justiermarke wird anschließend für die Positionierung bzw. die Modellierung des Halbleiterwafers verwendet. Vorteilhaft bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist, dass die Kombination zweiter optischer Messverfahren, wobei ein Messverfahren für die optische Positionsbestimmung und ein Messverfahren für die optische Profilbestimmung einer Justiermarke optimiert ist, die Berechnung einer besonders präzisen Positionsinformation ermöglicht. Hierdurch lässt sich der Halbleiterwafer gegenüber einem Produktionstool genauer als bisher ausrichten. Eine verbesserte Ausrichtung des Halbleiterwafers gegenüber dem Produktionstool bedingt wiederum eine verbesserte Overlay-Genauigkeit der Strukturen der verschiedenen Layer und damit auch größere Prozessfenster. Aufgrund der geringeren Überlagerungsfehler sind prinzipiell höhere Packungsdichten der Strukturen möglich, wodurch auch die Performance der Halbleiterschaltung verbessert werden kann. Eine bessere Overlay-Genauigkeit resultiert ebenfalls in einer höheren Ausbeute (Yield), und trägt somit auch zur Senkung der Herstellungskosten bei.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden die ersten Positionsinformationen mithilfe eines optischen Alignmentmikroskops ermittelt, wobei die Justiermarke mit Lichtstrahlung einer Lichtquelle beleuchtet wird und ein optischer Parameter der von der Justiermarke beeinflusst wird. Die Lichtstrahlung in Abhängigkeit von der relativen Position der Justiermarke zum Alignmentmikroskop orts aufgelöst gemessen. Anschließend wird ein Intensitätsprofil des optischen Parameters für die Justiermarke in der vorgegebenen Richtung erzeugt, wobei diejenigen relativen Positionen der Justiermarke zum Alignmentmikroskop ermittelt werden, bei welchen der op-

tische Parameter einen vorgegebenen Schwellwert über- bzw. unterschreitet. Im nachfolgenden Verfahrensschritt wird die erste Positionsinformation der Justiermarke mithilfe des Intensitätsprofils berechnet. Diese Methode, die Herkömmlicherweise zur Justierung eines Halbleiterwafers verwendet wird, hat den Vorteil, dass hiermit die erste Positionsinformation in der Regel ausreichend schnell ermittelt werden kann, so dass keine unnötige Wartezeiten während des Prozesses entstehen.

10 Besonders vorteilhaft ist dabei, die Stärke, die Phase und/oder die Polarisierung der von der Justiermarke beeinflussten Lichtstrahlung einer Lichtquelle zu messen. Messungen mithilfe dieser Messmethoden lassen sich innerhalb relativ kurzer Zeit durchführen, so dass genügend Prozesszeit für  
15 die nachfolgenden Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens verbleibt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird das Linienprofil der Justiermarke mithilfe einer optischen Streustrahlungsmesseinrichtung ermittelt, wobei die  
20 Justiermarke mit Lichtstrahlung einer Lichtquelle beleuchtet und ein Beugungsmuster, welches durch die Wechselwirkung der Lichtstrahlung mit den regelmäßigen Strukturen der Justiermarke entsteht, erfasst wird. Anschließend wird das Linienprofil der Justiermarke anhand des Beugungsmusters mithilfe  
25 einer Datenverarbeitungseinrichtung ermittelt. Vorteilhaft dabei ist, dass sich diese Methode innerhalb eines herkömmlichen Alignmentsystems einfach integrieren lässt. Mithilfe einer Datenverarbeitungseinrichtung und durch Abgleich mit Beugungsmustern in einer Datenbank lässt sich die Profilbestimmung mit dieser Methode ausreichend schnell durchführen, so  
30 dass auch hier keine Wartezeiten in Kauf genommen werden müssen. Die Verwendung der Streustrahlungsmesseinrichtung ermöglicht darüber hinaus die Bestimmung des Linienprofils der regelmäßigen Strukturen der Justiermarke mit einer hohen Auflösung. Hierdurch wird eine Positionsbestimmung und damit die  
35

Ausrichtung des Halbleiterwafers mit einer entsprechend hohen Genauigkeit ermöglicht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden zur Messung des Intensitätsprofils der Justiermarke  
5 eine Kantenkontrast-, eine Phasenkontrast-, eine Beugungskontrast- oder eine Fresnelzonenmethode verwendet. Vorteilhaft-  
erweise kann die verwendete Messmethode den jeweiligen Bedingungen einer Justiermarke angepasst werden.

10 Weiterhin vorteilhaft ist, dass die Justiermarke regelmäßige Strukturen umfasst, die als orthogonal zur vorgegebenen Richtung orientierte Linien oder Punktgitter ausgebildet sind. Diese Strukturen eignen sich besonders gut für Linienprofilbestimmung mithilfe einer der vorgesehenen Streustrahlungsmessmethoden.

15 Die Verwendung wenigstens zweier Marken, die auf dem Halbleiterwafer voneinander räumlich getrennt angeordnet sind, ermöglicht eine zweidimensionale Ausrichtung des Halbleiterwafers, wobei auch Verdrehungen des Halbleiterwafers gegenüber einer vorgegebenen Orientierung erfassbar sind. Darüber hinaus  
20 können hiermit auch prozessbedingte Verzerrungen des Halbleiterwafers erkannt werden, die z.B. aufgrund von thermischen oder mechanischen Stress entstehen können. Durch Berücksichtigung solcher Verzerrungen bei der Modellierung des Halbleiterwafers können mögliche daraus resultierenden negativen  
25 Overlay-Effekte weitgehend vermieden werden.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens,  
Fig. 2 ein Ablaufdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform  
30 des erfindungsgemäßen Verfahrens,



Fig. 3 schematisch ein erfindungsgemäßes Alignmentsystem mit einem Alignmentmikroskop und einer Streustrahlungsmesseinrichtung,

Fig. 4a schematisch das erfindungsgemäße Alignmentsystem bei einer Intensitätsprofilbestimmung eines optischen Parameters einer Justiermarke,

Fig. 4b eine Detailansicht der Figur 4a,

Fig. 5a schematisch das optische Alignmentsystem bei einer Linienprofilbestimmung der Justiermarke,

Fig. 5b eine Detailansicht der Figur 5a,

Fig. 6 eine schematische Darstellung des Linienprofils und des Intensitätsprofils der Justiermarke,

Fig. 7 einen Halbleiterwafer mit zwei Justiermarken,

Fig. 8a beispielhaft drei Strukturen einer Justiermarkenvariante, und

Fig. 8b beispielhaft drei Strukturen einer weiteren Justiermarkenvariante.

Figur 1 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Ausrichten eines Halbleiterwafers bei der Halbleiterherstellung gemäß Anspruch 1. Hierbei wird der Halbleiterwafer W mithilfe eines optischen Alignmentsystems 10 justiert. Die Ausrichtung des Wafers W selbst erfolgt dabei anhand einer Justiermarke M, die auf der Waferoberfläche ausgebildet ist. Diese Justiermarke M besteht vorzugsweise aus mehreren Vertiefungen (Gräben), die in vorhergehenden Prozessschritten in die Waferoberfläche durch Ätzung erzeugt wurden.

Die Justierung des Halbleiterwafers W findet erfindungsgemäß mithilfe der Kombination zweier optischer Messverfahren statt. Im ersten Schritt 100 des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine erste Positionsinformation  $x_1, y_1$  der Justiermarke M mithilfe eines ersten optischen Messverfahrens ermittelt, das zur Positionsbestimmung optimiert ist. Hierbei sind insbesondere optische Abtastverfahren vorgesehen, die die Justiermarke M in einer vorgegebenen Richtung abtasten und dabei Positionen kontrastreicher Bereiche der Justiermarke M ermitteln

können. In einem zweiten Schritt 110 des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Linienprofil  $S_A$  der Justiermarke M in der vorgegebenen Richtung mithilfe eines zur Linienprofilbestimmung optimierten optischen Messverfahrens ermittelt. Im Verfahrensschritt 120 der Figur 1 findet die Ermittlung einer zweiten Positionsinformation  $x_2, y_2$  der Justiermarke in der vorgegebenen Richtung statt, wobei die erste Positionsinformation  $x_1, y_1$  der Justiermarke M mithilfe des Linienprofils der Justiermarke M korrigiert wird.

10 Im letzten Verfahrensschritt 130 der Figur 1 wird die zweite Positionsinformation  $x_2, y_2$  zur Positionierung und/oder Modellierung des Halbleiterwafers W verwendet.

Figur 2 zeigt ein Ablaufdiagramm einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dabei wird im Verfahrensschritt 101 die Justiermarke M mithilfe eines optischen Alignmentmikroskops 21 in einer vorgegebenen Richtung abgetastet. Hierbei wird die Justiermarke M mit Lichtstrahlung 23 einer Lichtquelle 22 beleuchtet und die Wechselwirkung der Lichtstrahlung 23 mit der Justiermarke M mithilfe des Alignmentmikroskops 21 untersucht. Dabei wird insbesondere ein optischer Parameter, wie z.B. die Intensität und Qualität der von dem jeweils beobachteten Bereich der Justiermarke M reflektierten Lichtstrahlung 23 erfasst.

Im Verfahrensschritt 102 wird ein Intensitätsprofil  $S_I$  des optischen Parameters erzeugt, indem die gemessenen Werte für den optischen Parameter relativen Positionen der Justiermarke M zum Alignmentmikroskop 21 zugeordnet werden. Dabei werden insbesondere Positionen bestimmt, bei welchen der optische Parameter einen vorgegebenen Schwellwert über- bzw. unterschreitet. Im folgenden Verfahrensschritt 103 wird anhand des ermittelten Intensitätsprofils  $S_I$  der Justiermarke M eine erste Positionsinformation  $x_1, y_1$  der Justiermarke M in der vorgegebenen Richtung berechnet. Hierbei werden vorzugsweise bestimmte Bereiche, die in Abhängigkeit von dem jeweils ver-

wendeten Messverfahren einen hohen Kontrast im Intensitätsprofil  $S_1$  aufweisen, zur Positionsbestimmung der Justiermarke M herangezogen. Hierzu eignen sich z.B. steil abfallende Flanken der Justiermarkenstrukturen  $M_1, M_2, M_3$ . Die Positionsinformation der Justiermarke M kann dann direkt der Position eines der kontrastreichen Bereiche entsprechen oder aus einer räumlichen Mittlung über mehrere solcher Positionen hervorgehen (z.B. als räumliche Mitte zwischen den beiden Begrenzungsflanken einer Justiermarkenstruktur  $M_1, M_2, M_3$ ).

10 Die Kenntnis über die Position eines solchen kontrastreichen Bereichs der Justiermarkenstruktur  $M_1, M_2, M_3$  allein reicht jedoch in der Regel zur exakten Positionsbestimmung der Justiermarke M nicht aus. Herstellungsbedingt kommt es immer wieder zu Variationen der Markenstrukturen  $M_1, M_2, M_3$  verschiedener Justiermarken, wobei die Profile der Markenstrukturen  $M_1, M_2, M_3$  einer Justiermarke M unsymmetrische bzw. ungleichmäßig verlaufende Flanken aufweisen. Typisch für solche Irregularitäten ist, dass sie bei sämtlichen Justiermarkenstrukturen  $M_1, M_2, M_3$  einer Justiermarke M vorkommen, so dass selbst  
15 eine Mittlung über mehrere Justiermarkenstrukturen  $M_1, M_2, M_3$  dieser Justiermarke M keine genauere Positionsbestimmung erlaubt.

Ein anhand mehrerer individueller Justiermarken M, M' ausgerichteter Wafer W weist aufgrund dessen häufig einen Lagefehler auf, der sofern nicht vernachlässigbar den gesamten Herstellungsprozess gefährden kann.  
25

Im Folgenden wird die exakte Lage des zur Positionsbestimmung der Justiermarke M verwendeten kontrastreichen Bereichs innerhalb der Justiermarke M mithilfe eines Linienprofils  $S_A$  der Justiermarke M ermittelt.  
30

Zur Ermittlung des Linienprofils  $S_A$  der Justiermarke M wird vorzugsweise eine optische Streustrahlungsmessung verwendet. Dazu wird im Verfahrensschritt 111 die Justiermarke M mit der

optischen Streustrahlungsmesseinrichtung 30 abgetastet, wobei die regelmäßigen Strukturen  $M_1, M_2, M_3$  der Justiermarke M mit Lichtstrahlung 33 einer Lichtquelle 32 beleuchtet werden. Anschließend wird im Verfahrensschritt 112 ein aufgrund von Wechselwirkungen der Lichtstrahlung 33 mit den regelmäßigen Strukturen  $M_1, M_2, M_3$  der Justiermarke M entstehendes und für das Profil der jeweiligen Markierung typisches Beugungsmuster erfasst.

Mithilfe des gemessenen Beugungsmusters wird nun das Linienprofil  $S_A$  der Justiermarke M in der vorgegebenen Richtung ermittelt. Dazu wird das gemessene Beugungsmuster mithilfe einer Datenverarbeitungseinrichtung 40 ausgewertet. Dabei kann das ermittelte Beugungsmuster vorzugsweise auch mit in einer Datenbank 42 gespeicherten Beugungsmustern abgeglichen werden. Dazu weist die Datenverarbeitungseinrichtung 40 vorteilhafterweise eine Vergleichseinrichtung 41 auf. Die Auswertung des gemessenen Beugungsmusters lässt in der Regel eine ausreichend genaue Aussage über das tatsächliche Querschnittprofil der Justiermarke M zu, so dass das hiermit rekonstruierte Linienprofil  $S_A$  zur Korrektur der ersten Positionsinformation  $x_1, y_1$  geeignet ist.

Anhand des ermittelten Linienprofils  $S_A$  lässt sich eine zweite Positionsinformation  $x_2, y_2$  der Justiermarke M berechnen, die genauer ist als die erste Positionsinformation  $x_1, y_1$ .

Hierzu wird im Verfahrensschritt 121 die Position des kontrastreichen Bereichs der Justiermarke M, der auch beim ersten optischen Messverfahren zur Positionsbestimmung der Justiermarke M herangezogen wird, innerhalb des Linienprofils  $S_A$  mit einer höheren Genauigkeit ermittelt. Dabei wird vorzugsweise ein Offset  $\Delta x, \Delta y$  zwischen der beim ersten optischen Messverfahren ermittelten Position und der mithilfe des zweiten optischen Messverfahrens ermittelten Position des kontrastreichen Bereichs innerhalb der Justiermarke M berechnet. Diese Abweichung wird im Verfahrensschritt 122 zur Berechnung der zweiten Positionsinformation  $x_2, y_2$  herangezogen, dabei

kann der Offset  $\Delta x, \Delta y$  im einfachsten Fall einfach zur ersten Positionsinformation  $x_1, y_1$  addiert werden.

Die erhaltene zweite Positionsinformation  $x_2, y_2$  ist vom individuellen Profilverlauf der Justiermarke M weitgehend unabhängig und weist daher eine gegenüber der ersten Positionsinformation  $x_1, y_1$  höhere Genauigkeit auf. Sie wird im Verfahrensschritt 130 zur Positionierung und/oder Modellierung des Halbleiterwafers verwendet.

Im Folgenden wird die erfindungsgemäße Vorrichtung anhand einer besonders vorteilhaften Ausführungsform näher erläutert.

Figur 3 zeigt ein erfindungsgemäßes Alignmentsystem 10 zur Justierung des Halbleiterwafers W gegenüber einer Belichtungseinheit 61 einer Lithografieanlage bestehend aus einer vorzugsweise ein optischen Alignmentmikroskop 21 aufweisenden ersten optischen Messeinrichtung 20 und einer Streustrahlungsmesseinrichtung 30. Dabei ist der Halbleiterwafer W, der vorzugsweise horizontal angeordnet ist, auf einem Chuck C befestigt, der auf einer Positionierungseinrichtung 50 der Belichtungsanlage angeordnet ist. Oberhalb des Wafers W ist die Belichtungseinheit 61 angeordnet, mithilfe derer eine fotolithografische Belichtung eines auf dem Halbleiter W aufgetragenen Fotolacks (hier nicht dargestellt) erfolgt. Wie aus Figur 3 hervorgeht, sind die beiden zur Ausrichtung des Halbleiterwafers W vorgesehenen Messeinrichtungen 20, 30 mittels einer Halterung 11 an der optischen Belichtungseinheit 61 befestigt. Die erste optische Messeinrichtung 20 weist vorzugsweise ein Alignmentmikroskop 21 auf, das in einem vorgegebenen Abstand die Oberfläche des Halbleiterwafers W abtastet und dabei optische Eigenschaften der sich durch sein Blickfeld bewegenden Justiermarke M in Abhängigkeit von der relativen Position der Justiermarke M zum Alignmentmikroskop 21 erfasst. Zur Bestimmung der optischen Eigenschaften kommen dabei Messungen eines optischen Parameters, wie z.B. der Lichtstärke, der Phase und/oder der Polarisation, der von der

Justiermarke reflektieren Lichtstrahlung 23 einer externen Lichtquelle 22 in Frage. Für das verwendete optische Messverfahren kommen prinzipiell alle Verfahren in Frage, die bei der verwendeten Justiermarke einen ausreichenden Kontrast

5 liefern. Dies sind insbesondere die Kantenkontrast-, die Phasenkontrast-, die Beugungskontrast- und/oder die Fresnelzonenmethode. Als Lichtquelle 22 kann dabei eine externe Lichtquelle genutzt werden, deren Licht spezielle für die jeweilige Messmethode optimierte Eigenschaften aufweist. Ferner kann

10 jedoch auch Licht der Belichtungseinheit 61 verwendet werden.

Wie Figur 3 weiterhin zeigt, ist zwischen dem optischen Alignmentmikroskop 21 und der Belichtungseinheit 61 eine Streustrahlungsmesseinrichtung 30 angeordnet, die ebenfalls vorzugsweise in einer geringen Höhe zum Halbleiterwafer W

15 seine Oberfläche abtastet.

Mithilfe der in Figur 3 gezeigten Positionierungseinrichtung 50, können Relativbewegungen zwischen dem Halbleiterwafer W und dem Alignmentssystem 10 ausgeführt werden. Dabei wird vorzugsweise eine automatische Positionierungseinrichtung 50

20 verwendet, die mithilfe eines Elektromotors und einer Steuereinheit den Wafer W unterhalb der Belichtungseinheit 61 und den Messeinrichtungen 20,30 bewegt. Alternativ sind jedoch auch manuelle Positionierungseinrichtungen mit Mikrometerschrauben denkbar, um den Halbleiterwafer W relativ zum Alignmentssystem 10 mit einer hohen Präzision zu positionieren.

25

Wie in Figur 3 gezeigt, weist der Halbleiterwafer W eine auf seiner Oberfläche angeordnete Justiermarke M auf, anhand derer die Justage des Wafers W erfolgt. Diese Justiermarke M ist dabei vorzugsweise als eine bestimmte Anzahl von in der

30 Halbleiteroberfläche erzeugter Grabenstrukturen  $M_1, M_2, M_3$  ausgebildet. Hierbei können prinzipiell auch Stegstrukturen verwendet werden, die die Gräben voneinander trennen. Ferner sind auch andere Strukturen denkbar, die z.B. auf der Waferoberfläche aufgebracht werden und einen ausreichenden Kontrast

bei den verwendeten Messverfahren erlauben. Des Weiteren können sowohl die Anzahl, die Form und die Ausmaße als auch der Abstand der Strukturen  $M_1, M_2, M_3$  dem jeweils verwendeten Messverfahren angepasst sein.

5 Zur Auswertung der Messwerte ist eine Datenverarbeitungseinrichtung 40 vorgesehen, die jeweils mit der ersten und der zweiten optischen Messeinrichtung 20, 30 verbunden ist. Wie in Figur 3 beispielhaft gezeigt umfasst die Datenverarbeitungseinrichtung 40 auch eine Vergleichseinrichtung 41, um die  
10 mithilfe der zweiten optischen Messeinrichtung 30 gemessenen Beugungsmuster mit Beugungsmustern einer Datenbank 42 abzugleichen. Vorteilhafterweise kann die Positionierungseinrichtung 50 mithilfe der Datenverarbeitungseinrichtung 40 gesteuert werden. Hierzu ist die Datenverarbeitungseinrichtung  
15 40 mit der Positionierungseinrichtung 50 verbunden.

Figur 4a zeigt das Alignmentsystem 10 aus Figur 3 bei der Positionsbestimmung des Halbleiterwafers W. Diese dem Verfahrensschritt 101 entsprechende Positionsbestimmung erfolgt mithilfe des Alignmentmikroskops 21. Hierzu wird wie  
20 in Figur 4a gezeigt vorzugsweise der Halbleiterwafer W mithilfe der Positionierungseinrichtung 50 unterhalb des Alignmentmikroskops 21 positioniert. Dabei wird der Halbleiterwafer W in der Regel in einem Grobjustage-Modus unterhalb des Alignmentmikroskops 21 hindurchgefahren, bis  
25 die Justiermarke M im Blickfeld des Alignmentmikroskops 21 auftaucht. Sobald die Justiermarke M erkannt wurde, wechselt das Alignmentsystem 20 dann in einen Feinjustage-Modus, in dem der Halbleiterwafer W langsamer und präziser positioniert werden kann. Die Erkennung der Justiermarke M findet dabei  
30 vorzugsweise automatisch statt, wobei die Justiermarke M anhand der typischen Strukturen  $M_1, M_2, M_3$  und/oder der durch die Wechselwirkung der Strukturen  $M_1, M_2, M_3$  mit dem Licht einer externen Lichtquelle 22 hervorgerufene Effekte erkannt wird. Dazu kann z.B. eine Detektion der In-  
35 tensitätsschwankungen der von der Justiermarke M reflektierten Lichtstrahlung 23 dienen.

Figur 4b zeigt einen Ausschnitt aus Figur 4a, wobei ein Messvorgang der ersten optischen Messvorrichtung veranschaulicht wird. Dabei wird das Licht einer externen Lichtquelle 22 von der Justiermarke M auf der Waferoberfläche reflektiert und anschließend mithilfe eines Alignmentmikroskops 21 und daran angeschlossener Auswerteelektronik (hier nicht gezeigt) ausgewertet. Als Auswerteelektronik kommt dabei vorzugsweise ein CCD-Sensor zum Einsatz, der die Intensität des einfallenden Lichts in ein elektrisches Signal umsetzt.

Die in Figur 4b gezeigte Konstellation von Lichtquelle 22 und Alignmentmikroskop 21 stellt eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung dar. Es sind jedoch auch andere Konstellationen denkbar, wobei je nach verwendeter Messmethode auch Licht mehrerer Lichtquellen, unterschiedlicher Wellenlänge oder unterschiedlicher Polarisierung zur Beleuchtung der Justiermarke M verwendet werden kann.

Figur 5a zeigt das Alignmentsystem 10 bei der erfindungsgemäßen Bestimmung des Linienprofils  $S_A$  der Justiermarke M mithilfe einer Streustrahlungsmesseinrichtung 30. Hierzu wurde der Halbleiterwafer W mithilfe der Positionierungseinrichtung 50 so positioniert, dass sich die auf der Waferoberfläche angeordnete Justiermarke M unterhalb der Streustrahlungsmesseinrichtung 30 befindet. Sofern zuvor eine Positionsbestimmung mithilfe des Alignmentmikroskops 21 stattgefunden hat, so dass bereits die erste Positionsinformation  $x_1, y_1$  der Justiermarke M bekannt ist, wird der Halbleiterwafer W vorzugsweise automatisch um eine definierte Strecke, die dem Abstand der beiden Messeinrichtungen entspricht, verschoben. In dem Fall, dass die Bestimmung des Linienprofils  $S_A$  der Justiermarke M mithilfe der Streustrahlungsmesseinrichtung 30 vor der Bestimmung des Intensitätsprofils  $S_I$  erfolgt, kann die genaue Positionierung der Justiermarke M unterhalb der Streustrahlungsmesseinrichtung 50 auch mithilfe des gemessenen Beugungsmusters erfolgen. Hierzu wird der Wafer W mithilfe der Positionierungseinrichtung 50 unterhalb der Streustrah-



lungsmesseinrichtung 30 positioniert, bis ein für die Messeinrichtung typisches Beugungsbild der Justiermarke M gemessen wird. Eine Feinjustage kann dann z.B. anhand der über das gesamte Beugungsmuster gemittelten Lichtintensität erfolgen.

- 5 Figur 5b zeigt eine Detailansicht der Figur 5a, wobei das Messprinzip der optischen Streustrahlungsmesseinrichtung 30 verdeutlicht wird. Wie aus dieser Figur hervorgeht, weist die Streustrahlungsmesseinrichtung 30 vorzugsweise eine eigene Lichtquelle 32 auf, deren Licht auf die Justiermarke M fällt.
- 10 Die zur Messung der Streustrahlung verwendete Lichtquelle 32 erzeugt dabei vorzugsweise einen stark gebündelten Lichtstrahl 33, dessen Durchmesser der jeweiligen Justiermarke angepasst ist, wobei vorzugsweise lediglich die für die Streustrahlungsmessung geeigneten Justiermarkenstrukturen  $M_1, M_2, M_3$
- 15 erfasst werden. Je nach verwendeter Messmethode wird dabei kohärentes Licht einer oder mehrerer Wellenlängen verwendet (z.B. Laser).

- Das auf die Justiermarke M fallende Licht wird von der Oberfläche des Wafers W reflektiert. Aufgrund der
- 20 regelmäßigen Strukturen  $M_1, M_2, M_3$  der Justiermarke M kommt es dabei zu Streuung des Lichts, wodurch ein für die jeweilige Justiermarke M typische Beugungsmuster entsteht. Dieses Beugungsmuster wird mithilfe des in Figur 5b gezeigten Detektors 31 erfasst. Zur Messung des Beugungsmusters können
- 25 prinzipiell verschiedene Konstellationen von Lichtquelle 32 und Detektor 31 realisiert werden. Abhängig von der jeweils verwendeten Messmethode kann die Lichtquelle 32 und/oder der Detektor 31 um einen bestimmten Punkt herum beweglich ausgebildet sein und dabei Beugungsreflexe erster und/oder
- 30 höherer Ordnung zu messen. In der Regel wird mithilfe einer stationären Lichtquelle 32 und eines beweglichen Detektors 31 die Struktur des Beugungsmusters erfasst, wobei der Halbleiterwafer W zusätzlich mithilfe der Positionierungseinrichtung 50 bewegt werden kann.

Figur 6 verdeutlicht das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Intensitätsprofils  $S_I$  und eines Linienprofils  $S_A$  der Justiermarke M. Dabei ist im oberen Teil der Figur 6 das Linienprofil  $S_A$  der Justiermarke M gezeigt, das erfindungsgemäß mithilfe eines Streustrahlungsmessverfahrens ermittelt wird. Dieses Linienprofil  $S_A$  entspricht dabei in guter Näherung dem realen Querschnittsprofil der Justiermarke M in der vorgegebenen Richtung.

Zum Zwecke der Übersichtlichkeit sind lediglich drei regelmäßige Justiermarkenstrukturen  $M_1, M_2, M_3$  dargestellt. Diese Strukturen  $M_1, M_2, M_3$  sind im vorliegenden Fall als in regelmäßigen Abständen voneinander angeordnete Stege zwischen mithilfe bekannter Strukturierungsprozesse erzeugten Gräben ausgebildet. Die Stege  $M_1, M_2, M_3$  weisen ungleichförmig ausgebildete Profile auf, die eine mithilfe eines Alignmentmikroskops durchgeführte Positionsbestimmung verfälschen können. Da solche Unsymmetrien in der Regel prozessbedingt entstehen, sind sie bei allen Strukturen  $M_1, M_2, M_3$  der jeweiligen Justiermarke M gleichermaßen ausgebildet. Eine solche Unsymmetrie wird in Figur 6 beispielhaft als eine Abrundung einer der beiden zur Abtastrichtung orthogonalen Kanten der Stege  $M_1, M_2, M_3$  dargestellt.

Im unteren Teil der Figur 6 ist ein Intensitätsprofil  $S_I$  der selben Justiermarke M beispielhaft dargestellt. Das Intensitätsprofil  $S_I$  geht aus den Messergebnissen des ersten optischen Messverfahrens hervor. Dabei wurde vorzugsweise ein optischer Parameter, wie z.B. die Lichtintensität der von einem kleinen Bereich der Waferoberfläche reflektierten Lichtstrahlung 23 einer externen Lichtquelle 22 mithilfe eines Alignmentmikroskops 21 und eines daran angeschlossenen CCD-Sensors über die gesamte oder über einen Teilbereich der Justiermarke M erfasst. Wie durch die unterbrochenen Linien verdeutlicht, wurden dabei lediglich diejenigen Bereiche zur Positionsbestimmung herangezogen, die den horizontalen Bereich der Stege  $M_1, M_2, M_3$  begrenzenden. Aufgrund der Abrundung bei

einer der beiden Kanten eines Steges  $M_1, M_2, M_3$  ergibt die Auswertung der entsprechenden Messung eine falsche Position für die entsprechende Kante an. Wie aus dem Vergleich des Intensitätsprofils  $S_I$  mit dem Linienprofil  $S_A$  der Justiermarke M hervorgeht, weist die mithilfe des ersten optischen Messverfahrens ermittelte Position  $x_I, y_I$  der entsprechenden Kante einen Offset  $\Delta x, \Delta y$  gegenüber der mithilfe des zweiten optischen Messverfahrens ermittelten Kantenposition  $x_A, y_A$  auf. Da die Kantenpositionen zur Positionsermittlung der entsprechenden Justiermarke M herangezogen werden, weicht die mithilfe des ersten optischen Messverfahrens ermittelte Markenposition ebenfalls von der tatsächlichen Markenposition ab. Die Ausrichtung des Halbleiterwafers W mithilfe des ersten optischen Messverfahrens führt somit zu einem Lagefehler des Halbleiterwafers W im entsprechenden Produktionstool. Ferner können aufgrund des individuellen Charakters der auftretenden Unsymmetrien der Justiermarke M die Vermessung des Halbleiterwafers W mithilfe mehrerer Justiermarken  $M, M'$  zu falscher Bestimmung von Waferdimensionen und damit zur fehlerhaften Modellierung des Halbleiterwafers W führen.

Wie in Figur 6 verdeutlicht, werden im herkömmlichen Ausrichtungsprozess die Kanten der Justiermarkenstrukturen  $M_1, M_2, M_3$  mithilfe eines ersten optischen Messverfahrens detektiert, indem ein optischer Parameter auf das Unter- bzw. Überschreiten eines bestimmten Schwellwertes hin geprüft wird. Ein solches Kantendetektionsverfahren liefert dann die Positionen der Kanten z.B. in Form von Peaks im Intensitätsprofil  $S_I$ . Dabei zeigen die Peaks diejenigen Positionen an, an denen ein vorgegebener Schwellwert des gemessenen optischen Parameters über- bzw. unterschritten wurde. Dies sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel diejenigen seitlichen Bereiche, die den horizontalen Bereich der Stege  $M_1, M_2, M_3$  im Linienprofil  $S_A$  der Justiermarke M begrenzen.

Die Berechnung des Lagefehlers der entsprechenden Justiermarke M erfolgt im vorliegenden Beispiel anhand des Offsets

$\Delta x, \Delta y$  der jeweiligen Strukturkanten. Hierzu können die aus dem Intensitätsprofil  $S_I$  bekannten Kantenpositionen  $x_I, y_I$  mithilfe des Linienprofils  $S_A$  der Justiermarke M korrigiert werden. Anhand des Verlaufs des Linienprofils  $S_A$  können Aussagen über die mit der Methode des ersten optischen Messverfahrens detektierten Kantenpositionen  $x_I, y_I$  gemacht werden. Dabei können in der Regel beide Kanten einer Stegstruktur  $M_1, M_2, M_3$  einen entsprechenden Offset  $\Delta x, \Delta y$  aufweisen. Die Kenntnis über den Offset  $\Delta x, \Delta y$  und über die entsprechenden Kantenpositionen  $x_I, y_I$  wird dann zur Korrektur der ersten Positionsinformation  $x_1, y_1$  der Justiermarke M verwendet, wobei die Berechnung der zweiten Positionsinformation  $x_2, y_2$  nun mithilfe der korrigierten Kantenpositionen  $x_A, y_A$  erfolgt.

Die Kenntnis der Position der Justiermarke M erlaubt eine exakte und reproduzierbare Positionierung des Halbleiterwafers W innerhalb des entsprechenden Produktionstools. Ferner können anhand exakter Positionsinformationen mehrerer Justiermarken M, M' insbesondere horizontale Verzerrungen des Halbleiterwafers W erkannt werden. Solche Verzerrungen können z.B. durch thermische oder mechanische Belastungen des Halbleiterwafers W während der Prozessierung entstehen und sind unter anderem auf Versetzungen und Brüche innerhalb der Kristallstruktur des einkristallinen Halbleiterwafers W zurückzuführen.

Figur 7 zeigt einen Halbleiterwafer W mit zwei Justiermarken M, M', mit deren Hilfe der Halbleiterwafer W innerhalb eines Lithografiertools ausgerichtet werden kann. Die beiden Justiermarken M, M' sind vorzugsweise räumlich voneinander entfernt angeordnet, so dass Verzerrungen des Halbleiterwafers W, die sich als Änderung der geometrischen Anordnung der beiden Justiermarken M, M' zueinander zeigen, erkannt werden können. Beide Justiermarken M, M' weisen vorzugsweise die gleichen Strukturen  $M_1, M_2, M_3$  auf. Die Strukturen  $M_1, M_2, M_3$  beider Justiermarken M, M' können jedoch auch je nach Anwendungsfall voneinander differieren. Ferner können auch weitere Justier-

marken zur Ausrichtung des Halbleiterwafers W auf der Waferoberfläche angeordnet sein.

Die grobe Ausrichtung des Halbleiterwafers W innerhalb des Carriers C findet in der Regel anhand eines Flats statt, der  
5 in Figur 7 im untern Teil des Wafers W angeordnet ist.

Figuren 8a und 8b zeigen beispielhaft zwei Varianten von Justiermarkenstrukturen  $M_1, M_2, M_3$ , die zur Ausrichtung des Halbleiterwafers W dienen können. Dabei zeigt Figur 8a drei  
10 auf der Halbleiteroberfläche ausgebildete Stege  $M_1, M_2, M_3$ , die z.B. durch Strukturierung des Halbleiterwafers W mithilfe eines fotolithografischen Prozesses erzeugt wurden. Dabei ist das Halbleitermaterial zwischen den Stegen  $M_1, M_2, M_3$  mithilfe  
anisotropen Ätzprozesses abgetragen worden. Die Stege  $M_1, M_2, M_3$  weisen idealisiert steile Flanken auf, wobei jeweils die lin-  
15 ke Oberkante der Stege  $M_1, M_2, M_3$  herstellungsbedingt eine Abrundung aufweist. Wie zuvor besprochen, kann die Abrundung bei der Messung der Kantenpositionen im Rahmen einer Positionsbestimmung der Justiermarke M je nach verwendeten Messverfahren zu Fehlinterpretationen der Messergebnisse führen. Der  
20 auf Grundlage einer fehlerbehafteten Kantenposition und der daraus berechneten erste Positionsinformation  $x_1, y_1$  der Justiermarke M ausgerichteter Wafer W weist in einem solchen Fall einen Lagefehler auf.

Wie Figur 8b zeigt, können die Strukturen der Justiermarke M  
25 ebenfalls als innerhalb der Halbleiteroberfläche erzeugte Grabenstrukturen ausgebildet sein. Je nach verwendeter Messmethode zur Positionsbestimmung der Justiermarke M können dabei sowohl im oberen auch im unteren Bereich der Gräben lokalisierte Unsymmetrien für eine fehlerbehaftete Kantenposition  
30 verantwortlich sein. Die Kenntnis des tatsächlichen Linienprofils  $S_A$  der Justiermarke M erlaubt jedoch eine bessere Bestimmung der Kantenpositionen und somit eine genauere Berechnung der Position der Justiermarke M.

Die in der vorangehenden Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

## Bezugszeichenliste

M	Markierung
M <sub>1</sub> -M <sub>3</sub>	Struktur der Markierung
W	Wafer
C	Chuck
S <sub>I</sub>	Intensitätsprofil der Markierung
S <sub>A</sub>	Linienprofil der Markierung
X, Y	Abtastrichtung
$\Delta x, \Delta y$	Offset
x <sub>1</sub> , y <sub>1</sub>	erste Positionsinformationen
x <sub>2</sub> , y <sub>2</sub>	zweite Positionsinformationen
x <sub>I</sub> , y <sub>I</sub>	Kantenposition aus Intensitätsprofil
x <sub>A</sub> , y <sub>A</sub>	Kantenposition aus Linienprofil
10	Alignment-System
11	Halterung
20	erste optische Messeinrichtung
21	Alignment-Mikroskop
22	Lichtquelle
23	Lichtstrahlung der Lichtquelle 22
30	Streustrahlungsmesseinrichtung
31	Detektor für gestreute Lichtstrahlung
32	Lichtquelle für Streustrahlungsmessung
33	Lichtstrahlung der Lichtquelle 32
40	Datenverarbeitungseinrichtung
41	Vergleichseinrichtung
42	Datenbank
50	Positionierungseinrichtung
60	Lithografieanlage
61	Belichtungseinheit

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Ausrichten eines Halbleiterwafers (W) bei der Halbleiterherstellung mithilfe eines optischen Alignment-Systems (10), wobei der Halbleiterwafer (W) eine Justiermarke (M) mit regelmäßigen Strukturen ( $M_1, M_2, M_3$ ) aufweist, anhand derer die Position des Halbleiterwafers (W) ermittelt werden kann, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- a) Ermitteln einer ersten Positionsinformation ( $x_1, y_1$ ) der Justiermarke (M) in einer vorgegebenen Richtung (X,Y) mithilfe eines für Positionsbestimmung optimierten optischen Messverfahrens;
- b) Ermitteln eines Linienprofils ( $S_A$ ) der Justiermarke (M) in der vorgegebenen Richtung (X,Y) mithilfe eines für Profilbestimmung optimierten optischen Messverfahrens;
- c) Ermitteln einer zweiten Positionsinformation ( $x_2, y_2$ ) der Justiermarke (M) in der vorgegebene Richtung (X,Y), wobei die im Verfahrensschritt a) ermittelte erste Positionsinformation ( $x_1, y_1$ ) mithilfe des im Verfahrensschritt b) ermittelten Linienprofils ( $S_A$ ) der Justiermarke (M) korrigiert wird; und
- d) Verwenden der zweiten Positionsinformation ( $x_2, y_2$ ) der Justiermarke (M) für eine Positionierung und/oder eine Modellierung des Halbleiterwafers (W).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Verfahrensschritt a) die folgenden Teilschritte umfasst:

- aa) Abtasten der Justiermarke (M) in der vorgegebenen Richtung (X,Y) mithilfe eines Alignment-Mikroskops (21), wobei die Justiermarke (M) mit Lichtstrahlung (23) einer Lichtquelle (22) beleuchtet wird, und wobei ein optischer Parameter der von der Justiermarke (M) beeinflussten Lichtstrahlung (23) in Abhängigkeit von der relativen Position der Justiermarke (M) zum Alignment-Mikroskop (21) orts aufgelöst gemessen wird;



ab) Erzeugen eines Intensitätsprofils ( $S_I$ ) des optischen Parameters für die Justiermarke (M) in der vorgegebenen Richtung (X,Y), wobei relative Positionen der Justiermarke (M) zum Alignment-Mikroskop (21) ermittelt werden, bei  
5 welchen der optische Parameter einen vorgegebenen Schwellwert über- bzw. unterschreitet; und

ac) Berechnen der ersten Positionsinformation ( $x_1, y_1$ ) der Justiermarke (M) in der vorgegebenen Richtung (X,Y) mithilfe des im Verfahrensschritt ab) ermittelten Intensitätsprofils ( $S_I$ ).  
10

3. Verfahren nach Anspruch 2,

wobei im Teilschritt aa) als optischer Parameter die Stärke, die Phase und/oder die Polarisierung der von der Justiermarke (M) beeinflussten Lichtstrahlung (23) gemessen wird.  
15

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Verfahrensschritt b) die folgenden Teilschritte umfasst:

20 ba) Abtasten der Justiermarke (M) in der vorgegebenen Richtung (X,Y) mithilfe einer optischen Streustrahlungsmesseinrichtung (30), wobei die Justiermarke (M) mit Lichtstrahlung (33) einer Lichtquelle (32) beleuchtet und ein Beugungsmuster, welches durch die Wechselwirkung der  
25 Lichtstrahlung (33) mit den regelmäßigen Strukturen ( $M_1, M_2, M_3$ ) der Justiermarke (M) entsteht, erfasst wird; und  
bb) Ermitteln des Linienprofils ( $S_A$ ) der Justiermarke (M) in der vorgegebenen Richtung (X,Y) aus dem im Teilschritt ba) erfassten Beugungsmuster, wobei das Beugungsmuster  
30 mithilfe einer Datenverarbeitungseinrichtung (40) ausgewertet und/oder mit Beugungsmustern aus einer Datenbank (42) abgeglichen wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

35 wobei im Verfahrensschritt c) die zweite Positionsinformation ( $x_2, y_2$ ) der Justiermarke (M) mithilfe der beiden ermittelten Profile ( $S_I, S_A$ ) berechnet wird, indem ein Offset ( $\Delta x, \Delta y$ ) zwi-



schen der Position  $(x_I, y_I)$  eines ersten Bereichs, der im gemessenen Intensitätsprofil  $(S_I)$  die Position der Justiermarke  $(M)$  bestimmt und vom Verlauf des Linienprofils  $(S_A)$  abhängig ist, und der Position  $(x_A, y_A)$  eines zweiten Bereichs, der nach einem vorgegebenen Kriterium aus dem Linienprofil  $(S_A)$  ausgewählt wird und der vom Verlauf des Linienprofils  $(S_A)$  weitgehend unabhängig ist, ermittelt wird, und indem der Offset  $(\Delta x, \Delta y)$  zur ersten Positionsinformation  $(x_1, y_1)$  der Justiermarke  $(M)$  addiert wird.

10

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste optische Messverfahren eine Kantenkontrast-, Phasenkontrast-, Beugungskontrast- und/oder Fresnelzonenmethode verwendet.

15

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die regelmäßigen Strukturen  $(M_1, M_2, M_3)$  orthogonal zur vorgegebenen Richtung  $(X, Y)$  orientierte Linien- oder Punktgitter umfassen.

20

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ausrichtung des Halbleiterwafers  $(W)$  mithilfe wenigstens zweier auf der Waferoberfläche angeordneter Justiermarken  $(M, M')$  stattfindet.

25

9. Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem optischen Alignment-System (10) zur Positionsermittlung einer auf der Oberfläche des Halbleiterwafers  $(W)$  angeordneten, regelmäßige Strukturen  $(M_1, M_2, M_3)$  aufweisenden Justiermarke  $(M)$ , wobei das optische Alignment-System (10) folgende Einrichtungen umfasst:

30

- eine erste optische Messeinrichtung (20) zum Ermitteln einer ersten Positionsinformation  $(x_1, y_1)$  der Justiermarke  $(M)$  in einer vorgegebenen Richtung  $(X, Y)$  mithilfe eines für Positionsbestimmung optimierten optischen Messverfahrens,

35

- eine zweite optische Messeinrichtung (30) zum Ermitteln eines Linienprofils ( $S_A$ ) für die Justiermarke (M) in der vorgegebenen Richtung (X,Y) mithilfe eines für Linienprofilbestimmung optimierten optischen Messverfahrens, und
- eine Positionierungseinrichtung (50) zum Einstellen der relativen Position des Halbleiterwafers (W) gegenüber der ersten und/oder zweiten optischen Messeinrichtung (20,30).

10

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die erste optische Messeinrichtung (20) ein Alignment-Mikroskop (21) zum Abtasten der Justiermarke (M) und Messen eines optischen Parameters einer durch die Justiermarke (M) beeinflussten Lichtstrahlung (23) aufweist.

15

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, wobei die zweite optische Messeinrichtung (30) eine optische Streustrahlungsmesseinrichtung (30) zum Erfassen von Beugungsmustern umfasst, die durch Wechselwirkung von Lichtstrahlung (33) einer Lichtquelle (31) mit den regelmäßigen Strukturen ( $M_1, M_2, M_3$ ) der Justiermarke (M) hervorgerufen werden.

20

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei eine Datenverarbeitungseinrichtung (40) vorgesehen ist, um eine zweite Positionsinformation ( $x_2, y_2$ ) der Justiermarke (M) aus der ersten Positionsinformation ( $x_1, y_1$ ) und dem Linienprofil ( $S_I, S_A$ ) zu ermitteln.

25  
30

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung (40) ausgebildet ist, um das Linienprofil ( $S_A$ ) der Justiermarke (M) aus den Beugungsmustern zu ermitteln.

35

14. Vorrichtung nach Anspruch 13,

wobei die Datenverarbeitungseinrichtung (40) eine Vergleichseinrichtung (41) aufweist, um die ermittelten Beugungsmuster mit Beugungsmustern einer Datenbank (42) abzugleichen.

5

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, wobei das optische Alignment-System (10) innerhalb einer Lithografieanlage (60) angeordnet ist.

## Zusammenfassung

## Bezeichnung der Erfindung

5 Es wird ein Verfahren zum Ausrichten eines Halbleiterwafers (W) bei der Halbleiterherstellung mithilfe eines optischen Alignment-Systems (10) beschrieben, wobei der Halbleiterwafer (W) eine Justiermarke (M) mit regelmäßigen Strukturen ( $M_1, M_2, M_3$ ) aufweist, anhand derer die Position des Halbleiter-  
10 wafers (W) ermittelt werden kann, mit den folgenden Verfahrensschritten:

e) Ermitteln einer ersten Positionsinformation ( $x_1, y_1$ ) der Justiermarke (M) in einer vorgegebenen Richtung (X,Y) mithilfe eines für Positionsbestimmung optimierten optischen Messverfahrens;  
15

f) Ermitteln eines Linienprofils ( $S_A$ ) der Justiermarke (M) in der vorgegebenen Richtung (X,Y) mithilfe eines für Profilbestimmung optimierten optischen Messverfahrens;

g) Ermitteln einer zweiten Positionsinformation ( $x_2, y_2$ ) der Justiermarke (M) in der vorgegebene Richtung (X,Y), wobei die im Verfahrensschritt a) ermittelte erste Positionsinformation ( $x_1, y_1$ ) mithilfe des im Verfahrensschritt b) ermittelten Linienprofils ( $S_A$ ) der Justiermarke korrigiert wird; und  
20

25 Verwenden der zweiten Positionsinformation ( $x_2, y_2$ ) der Justiermarke (M) für eine Positionierung und/oder eine Modellierung des Halbleiterwafers (W).

30 Figur 3

Figur für die Zusammenfassung

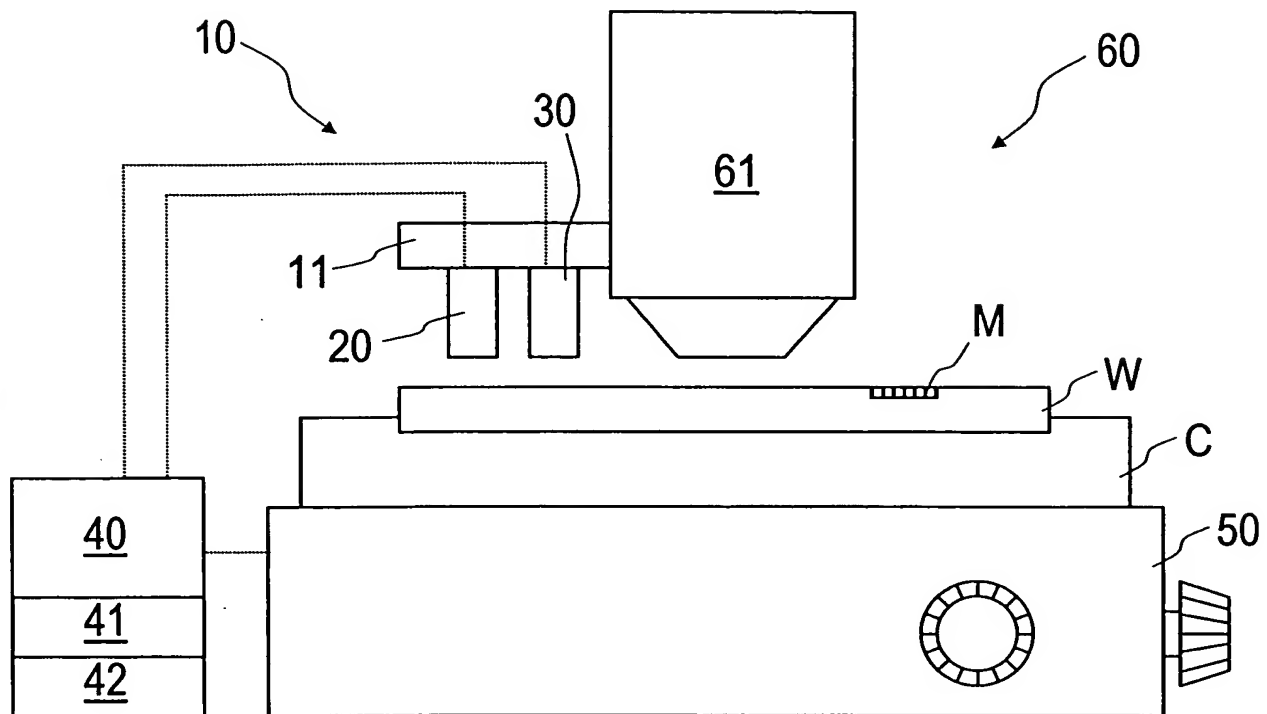


Fig. 1

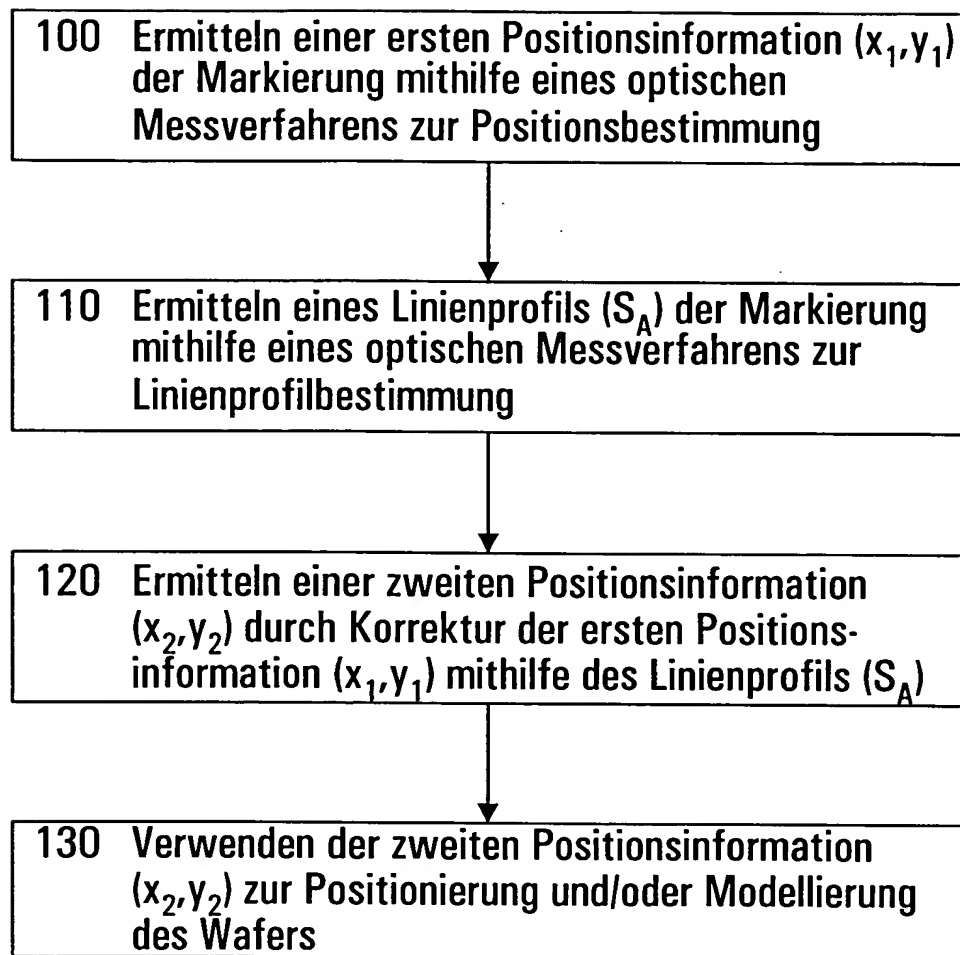


Fig. 2

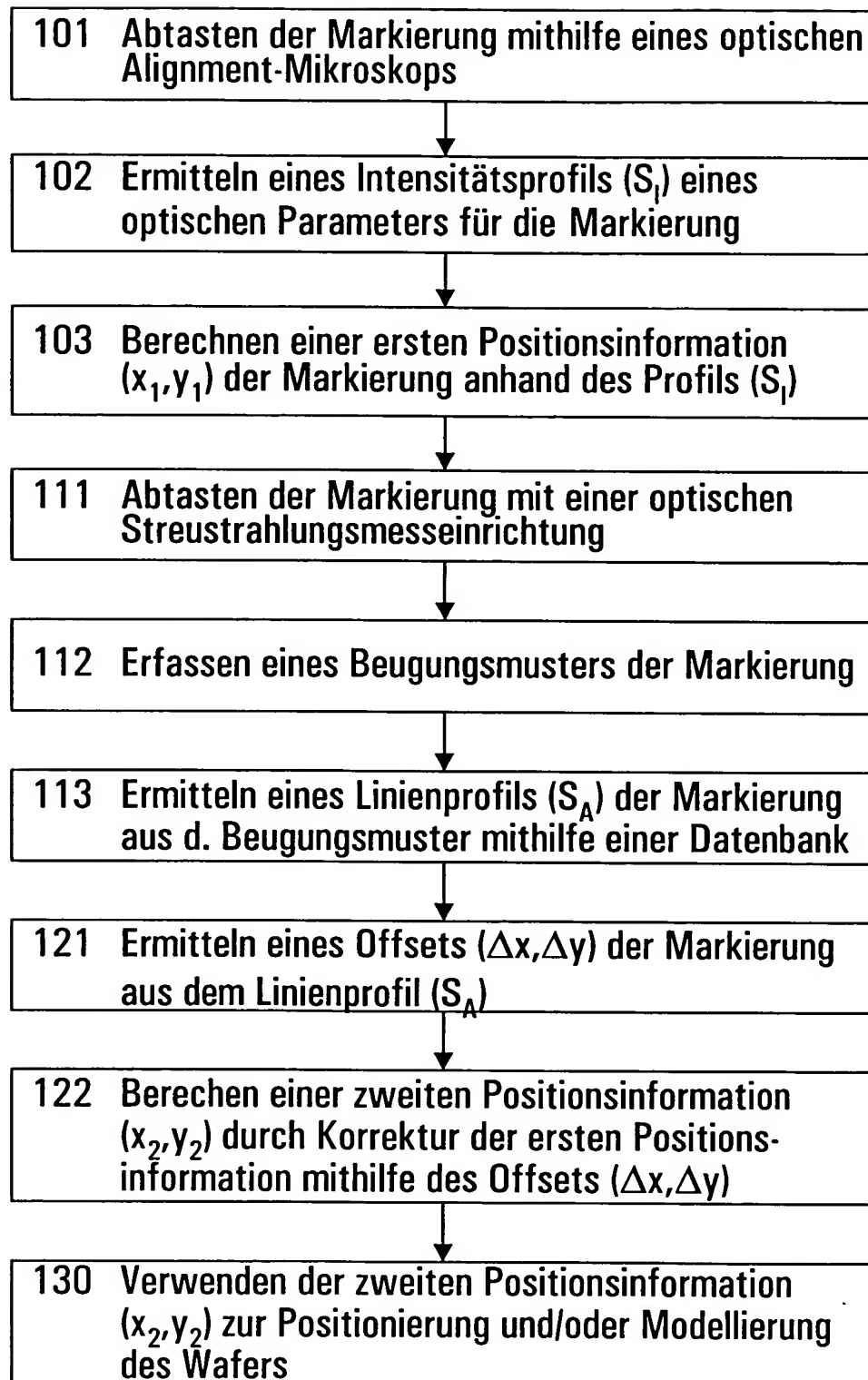




Fig. 3

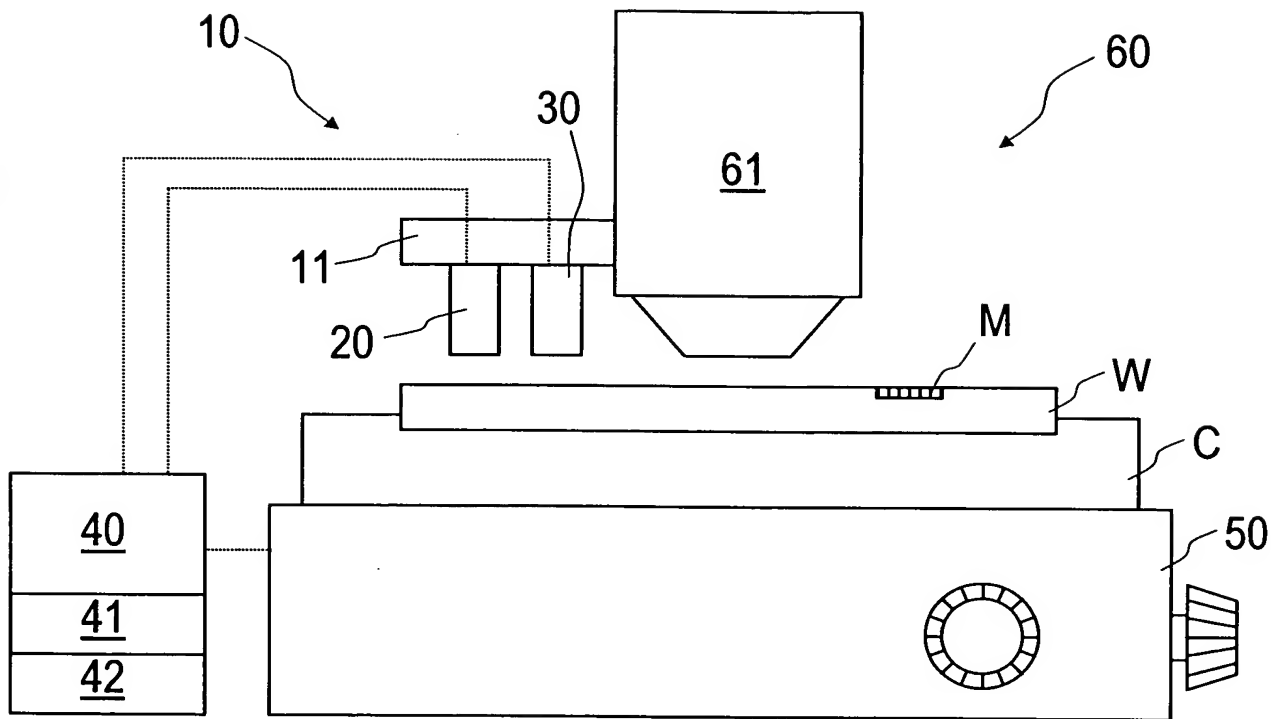


Fig. 4a

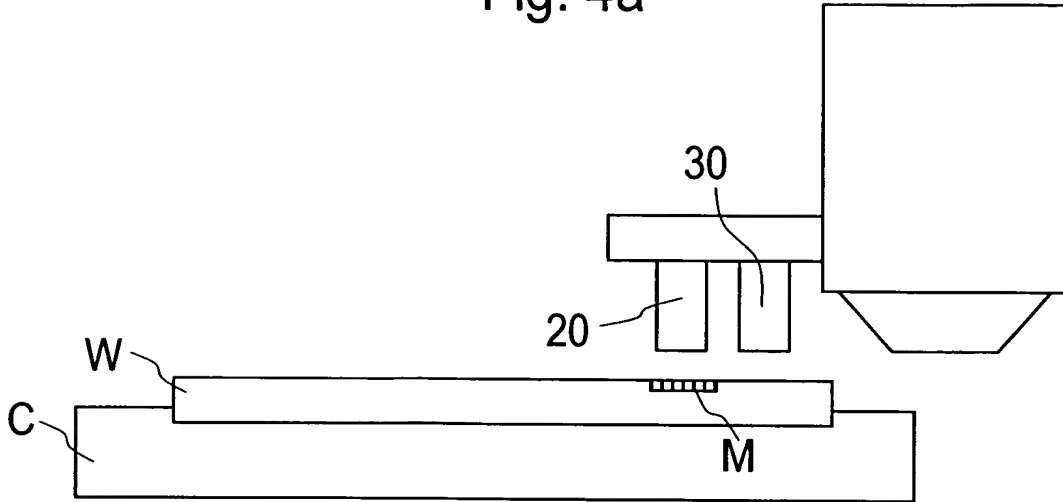


Fig. 4b

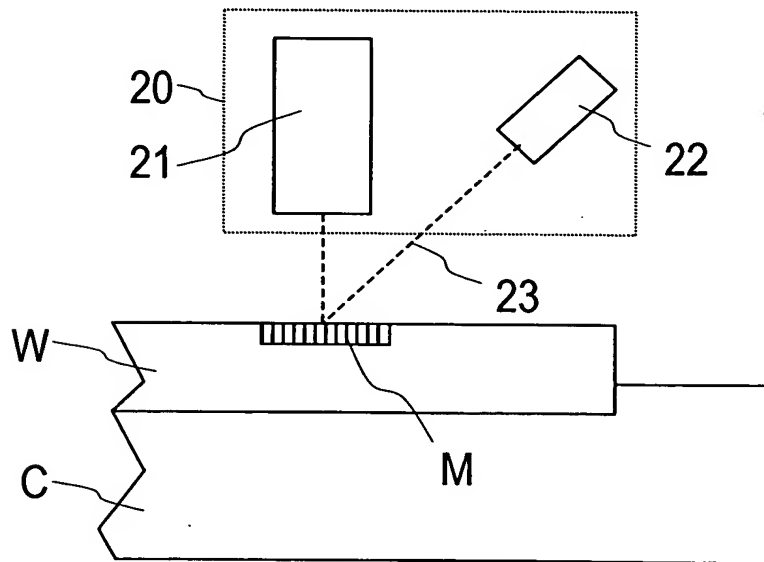


Fig. 5a

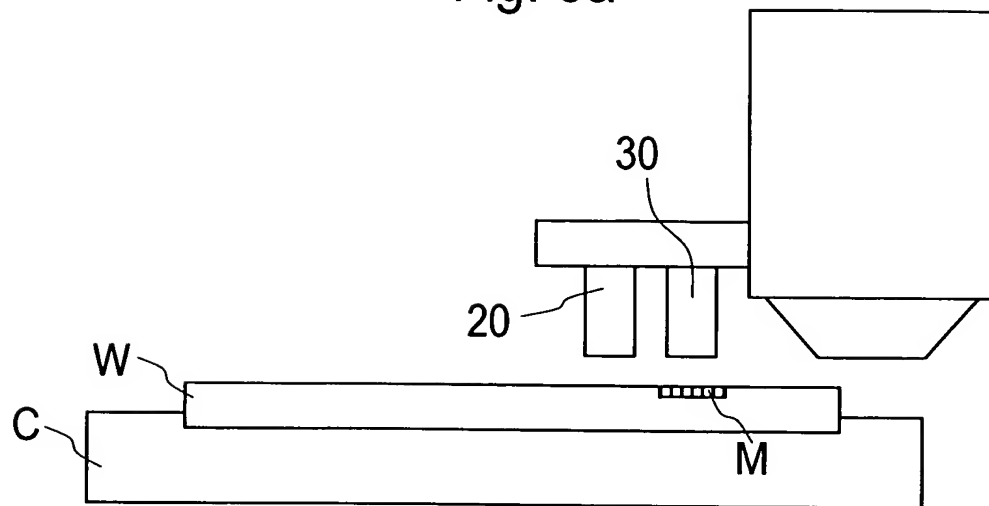


Fig. 5b

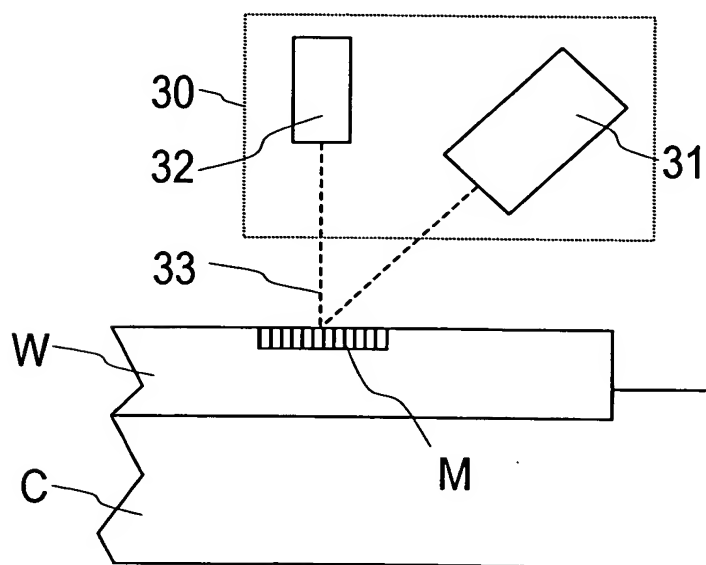


Fig. 6

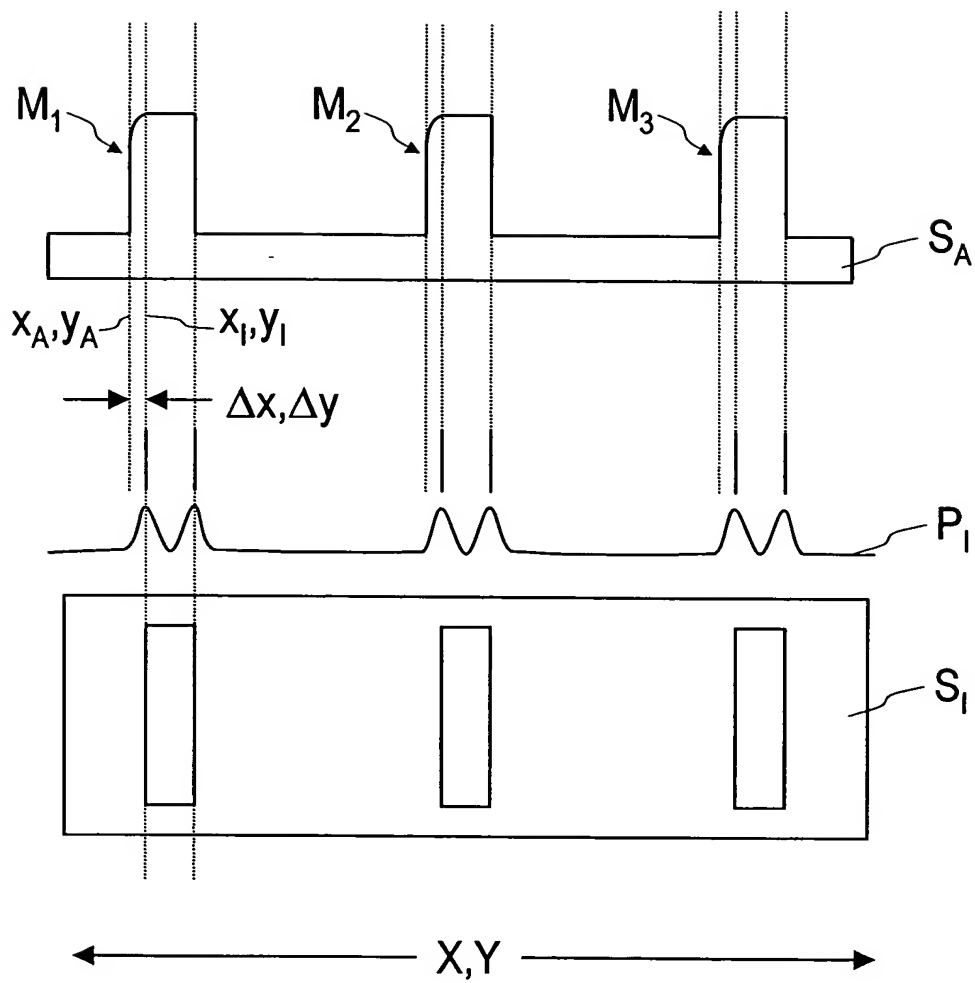


Fig. 7

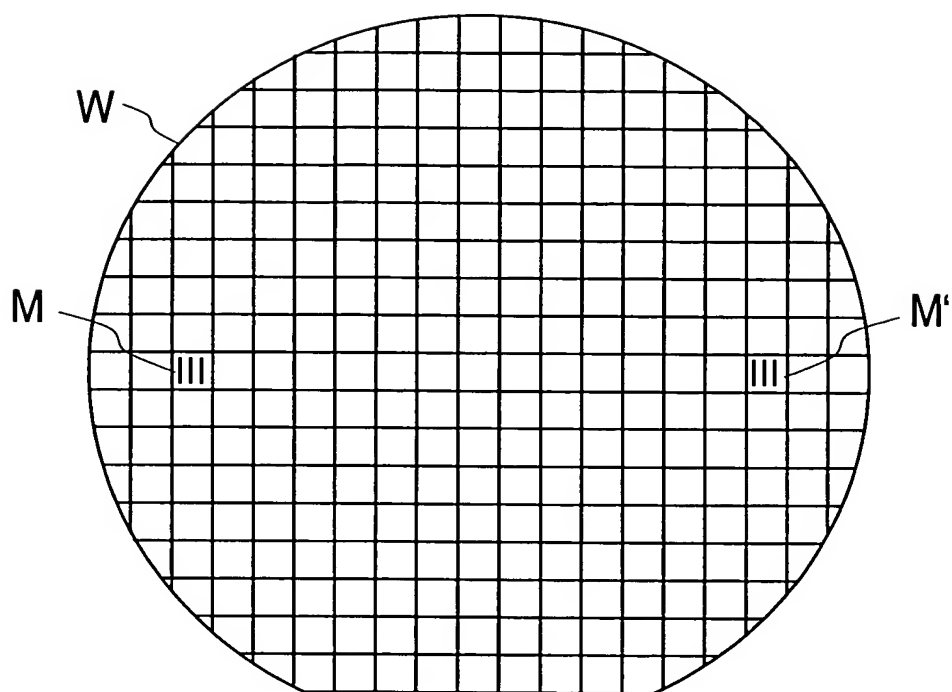


Fig. 8a

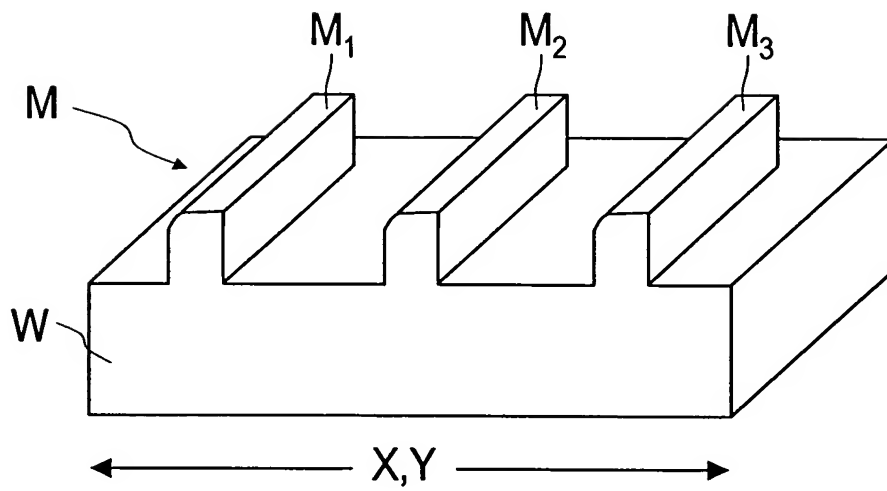


Fig. 8b

